

**Державна служба України з надзвичайних ситуацій
Національний університет цивільного захисту України
Кафедра автоматичних систем безпеки та інформаційних технологій**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Начальник кафедри АСБтаІТ

Роман ШЕВЧЕНКО

Навчальна дисципліна

**АВТОМАТИКА РАННЬОГО ВИЯВЛЕННЯ НАДЗВИЧАЙНИХ
СИТУАЦІЙ**

Лекція № 1

**ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ ПРО СИСТЕМИ АВТОМАТИЧНОГО
КОНТРОЛЮ ТА СПОСТЕРЕЖЕННЯ. ОСНОВНІ ПОНЯТТЯ,
ВИЗНАЧЕННЯ, СТРУКТУРНІ СХЕМИ**

Лекцію розробив:

Доцент кафедри АСБтаІТ



Вячеслав ДУРЄЄВ

ХАРКІВ 2024

Сьогодні ми починаємо вивчення нової дисципліни
«Автоматика раннього виявлення надзвичайних ситуацій».

На вивчення дисципліни приділяється 52 години.

З них:

Л – 28 годин;

ПЗ – 8 години;

ЛР – 16 годин.

Звітність по дисципліні:

- 6 семестр – ЗАЛІК З ОЦІНКОЮ;

Дисципліни, що забезпечують: вища математика, теоретична механіка, теорія механізмів і деталей машин, технічна термодинаміка і теплопередача, гідравліка, електротехніка, інформатика.

Забезпечувані дисципліни: сучасні системи пожежної автоматики, засоби автоматичного протипожежного захисту.

У результаті вивчення дисципліни необхідно:

ЗНАТИ:

- основні поняття;
- принципи дії, характеристики, умови роботи, особливості конструктивного виконання елементів автоматичних систем (АС);
- принципи керування й структуру типових АС;
- методи розрахунку характеристик лінійних АС й їхні елементи.

УМІТИ:

- становити лінійні математичні моделі елементів АС і виконувати розрахунок динамічних параметрів;
- становити структурні й функціональні схеми АС;
- виконувати математичний аналіз і синтез АС по їхніх функціональних моделях;
- аналізувати роботу АС у різних умовах.

БУТИ ОЗНАЙОМЛЕНИМ:

- с основами теорії нелінійних АС;
- 2. Статичної точності АС - визначення помилки керування на сталих режимах роботи при відомих параметрах АС.

3. Динамічної точності АС - визначення динамічних характеристик на несталих режимах (часу регулювання, забросов РП).

Б.) Синтез АС. Визначення параметрів елементів АУУ з вимог стійкості й заданої якості керування при дотриманні всіх обмежень, що накладають на параметри ОУ (статичної й динамічної точності).

Література основна:

1. Теорія автоматичного управління. Практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Н.І. Бурау, Д.О. Півторак; КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – С 05-08.
https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/42076/1/TAU_praktykum.pdf

Зміст лекції.

1.1. Вступ

1.2. Історія становлення пожежної та виробничої автоматики як науки.

1.3. Предмет і задачі дисципліни.

1.4. Терміни та визначення.

1.5. Структурні схеми САУ.

1.6. Критерії якості АС.

2. Висновки, урахування впливу воєнного стану.

1.1. ВСТУП.

Пожежна та виробнича автоматика – сукупність технічних елементів та пристроїв, що виявляють і гасять пожежу без участі людини.

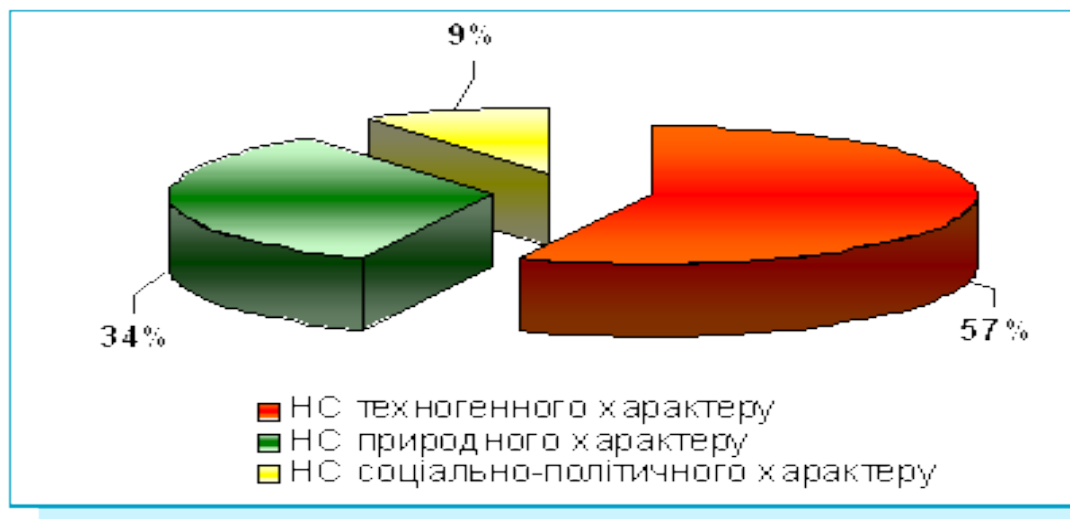
Крім того, пристрої пожежної і виробничої автоматики дозволяють контролювати стан технологічних параметрів та виконують управління автоматичними протипожежними системами.

Розглянемо необхідність застосування ПіВА.

Протягом 2023 року в Україні:

- виникло 312 надзвичайних ситуацій;
- загинуло 587 громадян;
- збитки понад 4,7 млрд.гривень.

Рис. 1. Розподіл надзвичайних ситуацій за класами



Протягом 2023 року в Україні

- виникло 49838 пожеж;
- загинуло 3 896 людини (92 дитини).

Щодня в Україні:

- виника близько 136 пожеж;
- в їх наслідок гине 11, травмується 5 осіб.

В Україні установками пожежної автоматики обладнано 304,4 тисячі об'єктів або 86,3 % від необхідної кількості (з них сигналізацією 91,4%)

Успішно спрацювали близько 73,2% установок ПА:

- Дніпропетровська обл. - 25,7%
- Полтавська обл. - 50%
- м. Київ - 49,5%

Таким чином: Основа основ підготовки фахівця з протипожежного захисту є вивчення принципів побудови та функціонування автоматичних систем пожежогашіння.

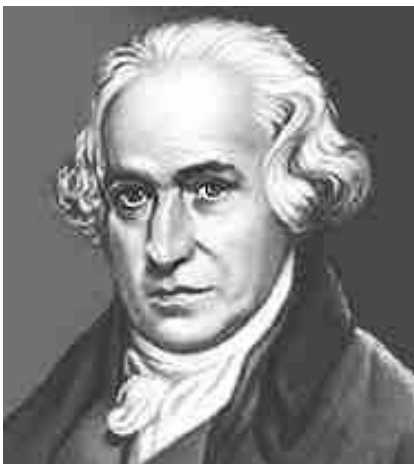
1.2. ІСТОРІЯ СТАНОВЛЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ ТА ВИРОБНИЧОЇ АВТОМАТИКИ ЯК НАУКИ

Протягом розвитку людства видатні винахідники створювали різні самодіючі механізми. Але тільки у зв'язку із промисловою революцією й механізацією виробництва виникли проблеми, вирішити які виявилось можливим тільки на основі фундаментальних теоретичних досліджень.

1765р. - Ползунов І.І. застосував перший промисловий регулятор для стабілізації рівня води в паровому казані на Барнаульском заводі.

Ползунов Іван Іванович (1728-66). В 1763 розробив проект універсального парового двигуна - першої у світі двоциліндрової машини безперервної дії, здійснити який йому не вдалося. В 1765 побудував по іншому проекті першу в Росії паросилову установку для заводських потреб, що проробила 43 днів; за тиждень до її пробного пуску Повзунів помер.

1785р. - Джеймс Уатт (англ.) винайшов відцентровий регулятор частоти обертання на паровій машині.



УАТТ (Watt) Джеймс (1736-1819 рр.), англійський винахідник, розробив універсальний тепловий двигун. Винайшов (1774-84 рр.) парову машину з циліндром подвійної дії, в якій застосував відцентровий регулятор, передачу від штоку циліндра до балансиру з паралелограмом та ін. (патент 1784 р.). Машина Уатта відіграла велику роль у переході до машинного виробництва.

1834р. - Якоби Б.С. і Ленц Э.Х. винайшли регулятор напруги.



Мориц Герман фон Якобі, von Jacobi)
(1801- 1874 рр.)



ЛЕНЦ Емілій Христіанович (1804-65
рр.), фізик і електротехнік, Встановив
(1833 р.) правило, назване його ім'ям,
експериментально обґрунтував закон Джо-
уля – Ленца (1842 р.). Дав методи роз-
рахунку електромагнітів (разом з Б. С.
Якобі), відкрив оборотність електричних
машин. Має праці по геофізиці.

1867 р. – розроблено електричну систему, що стежить, для корабель-
ної артилерійської установки.

**Загальним недоліком перших регуляторів була низька точність
регулювання. Спроби збільшити точність часто приводили до неоясненої
погіршеності якості регулювання – тривалим коливанням чи взагалі до
втрати стійкості. Почалася формуватися ТАУ як наука.**

1838 р. – з'явився перший курс теорії регуляторів (Чижов Д.С.).



МАКСВЕЛЛ (Maxwell) Джеймс Клерк (Clerk) (1831-1879рр.), англійський фізик, творець класичної електродинаміки, один з основоположників статистичної фізики, організатор і перший директор (з 1871 р.) Кавендишської лабораторії. Розвиваючи ідеї М. Фарадея, створив теорію електромагнітного поля, (рівняння Максвелла), увів поняття про струм зсуву, пророчив існування електромагнітних хвиль, висунув ідею електромагнітної природи світла. Встановив статистичний розподіл, названий його ім'ям. Досліджував в'язкість, дифузію і теплопровідність газів. Показав, що кільця Сатурна складаються з окремих тіл. Праці по кольоровому зору і колориметрії (диск Максвелла), оптиці (ефект Максвелла), теорії пружності (теорема Максвелла, діаграма Максвелла — Крeмoни), термодинаміці, історії фізики й ін.

1866 р. – Максвелл Д.К. досліджував взаємодію регулятора з об'єктом регулювання.

1876р. Вишнеградский И.А. досліджував проблеми стійкості й точності регулювання. Показав, що безглуздо досліджувати регулятор без об'єкта регулювання, безглуздо збільшувати точність регулювання шляхом зниження тертя в регуляторі. Без тертя регулятор не працездатний. Розробив критерій стійкості систем 3-го порядку. Вишнеградский И.А вважається по праву основоположником ТАУ.

1877р. Раус Э. - описав спосіб дослідження стійкості АС по співвідношенню коефіцієнтів їх лінійних диференціальних рівнянь.

1892р. Ляпунов А.М. -розробив теорію стійкості нелінійних систем.

1934р. Вознесенський І.М. - розробив теорію регулювання систем з декількома регульованими параметрами.

1.3. ПРЕДМЕТ І ЗАДАЧІ ДИСЦИПЛІНИ

Предмет ДИСЦИПЛІНИ

Автоматична система – взаємозалежна система автоматичного управляючого пристрою (АУП) і об'єкта управління (ОУ).

$$АУ = АУП + ОУ.$$

АУП – сукупність всіх елементів що виробляють, перетворюють і виконують управляючі сигнали.

Предметом дисципліни є інформаційні АС що дозволяють здійснити процес управління без особистої участі людини.

Задачі дисципліни:

А) Аналіз АС. Визначення параметрів, що характеризують роботу АС:

1. Стійкості АС.

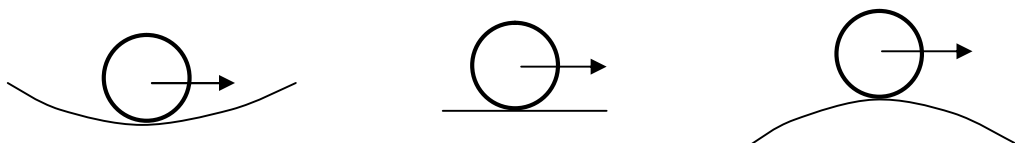


Рис.1.1. Приклад стійкої, нейтральної і нестійкої систем

2. Статичної точності АС – забезпечення мінімальної помилки управління на сталих режимах роботи.

3. Динамічної точності АС – забезпечення оптимальних параметрів регулювання при дотриманні всіх обмежень, що накладаються на параметри ОУ.

Б) Синтез АС. Визначення параметрів елементів АУП з вимог стійкості і заданої якості управління (статичної і динамічної точності).

1.4. ТЕРМІНИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ

Інформаційні АС – системи, управління в яких здійснюється на підставі інформації про умови процесу і результати управління (запуск АУПГ).

Детерміновані АС – системи, в яких управління здійснюється по жорстких тимчасових програмах (запуск насосу).

Управління – це доцільна організація процесу з метою одержання заданої його ефективності.

Регулювання – це приватний вид управління, при якому параметри процесу підтримуються в заданих межах.

Об'єкт управління (ОУ) – це частина системи, у якій відбувається процес, що підлягає управлінню.

Регульований параметр (РП) – параметр процесу, що характеризує його стан, контролюється АУП, та підлягає управлінню (п).

Регулюючий фактор (РФ) – фізична величина, яка прямо чи побічно впливає на регульований параметр (m).

Зовнішнє збурювання (ЗЗ) – фізична величина навколишнього середовища, що істотно впливає на процес.

1.5. СТРУКТУРНІ СХЕМИ САУ

В автоматизації АС прийнятий зображувати у вигляді структурних схем, на яких елементи АС умовно зображуються прямокутниками з назвами елементів, а функціональні зв'язки стрілками, причому напрямок стрілки показує й напрямок впливу.

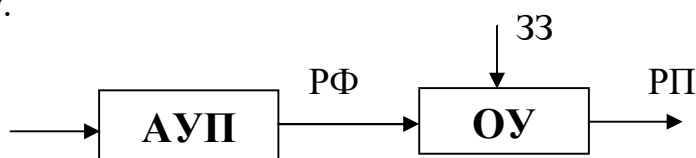


Рис.1.2. Структурна схема САУ

Принцип побудови АС - це основні положення (правила), що визначають взаємодію АУУ й ОУ, а, отже, структуру самого АУУ і його властивості.

Розглянемо принципи побудови на прикладі систем регулювання, як найбільш простий АС.

1.5.1. Принцип управління по відхиленню

В АС із принципом управління по відхиленню регулятор «стежить» за регульованим параметром і порівнює поточне значення РП із еталонним (заданим) його значенням. Якщо РП відхиляється від заданого значення, то регулятор у такий спосіб змінює значення РФ, щоб відновити задане значення РП.

Наприклад: У САР частоти обертання ротора ГТД регулятор $n_{\text{ТК}}$ стежить за поточним значенням частоти обертання ротора. Якщо частота обертання ротора по якій або причині зменшиться, то регулятор збільшить витрату палива в камеру згоряння так, щоб частота обертання ротора відновилася.

1. Необхідно знати поточне значення РП, отже, потрібний **датчик РП (ДАТ)**.
2. Необхідно знати задане значення РП, потрібний **задаючий пристрій (ЗП)**.
3. Необхідно порівнювати поточне значення РП із заданим, отже, потрібний **порівнювальний пристрій (ПП)**.

Порівняння відповідає математичній операції вирахування:

$$\varepsilon = n_{\text{зад}} - n$$

де ε - називається відхиленням, неузгодженістю, помилкою регулювання.

Якщо $\varepsilon = 0$, то $n_{\text{зад}} = n$ і в зміні РФ немає необхідності.

Якщо $\varepsilon > 0$, то $n_{\text{зад}} > n$ - необхідно збільшити РФ.

Якщо $\varepsilon < 0$, то $n_{\text{зад}} < n$ - необхідно зменшити РФ.

4. Можливо, деякі сигнали буде потрібно підсилити, отже, буде потрібний **посилюючий пристрій (ПосП)**.
5. Можливо, деякі сигнали буде потрібно відкоригувати, отже, буде потрібний **коригувальний пристрій (КП)**.
6. Необхідно потрібним чином змінити РФ, отже, буде потрібний **виконавчий пристрій (Вик.П)**.

Таким чином, повна структурна схема САР, що реалізує принцип управління по відхиленню буде мати вид:

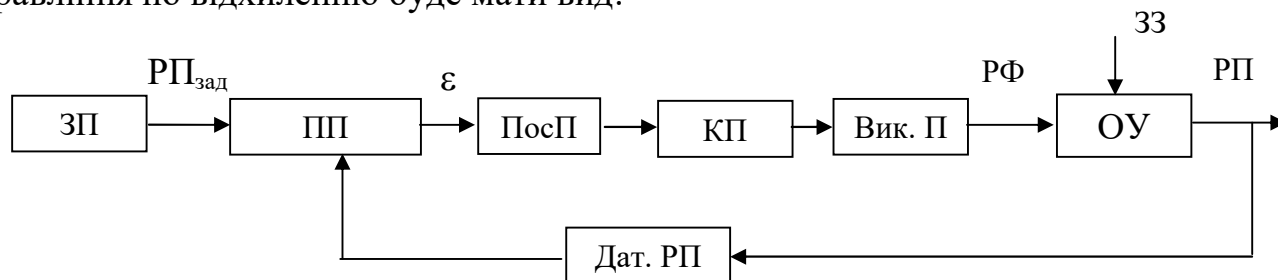
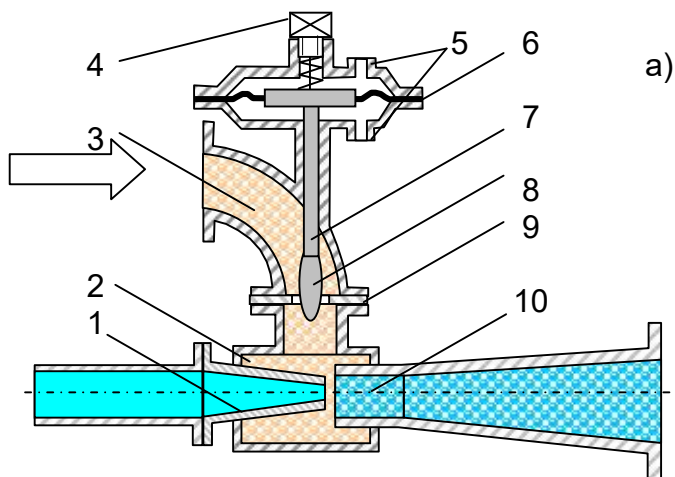
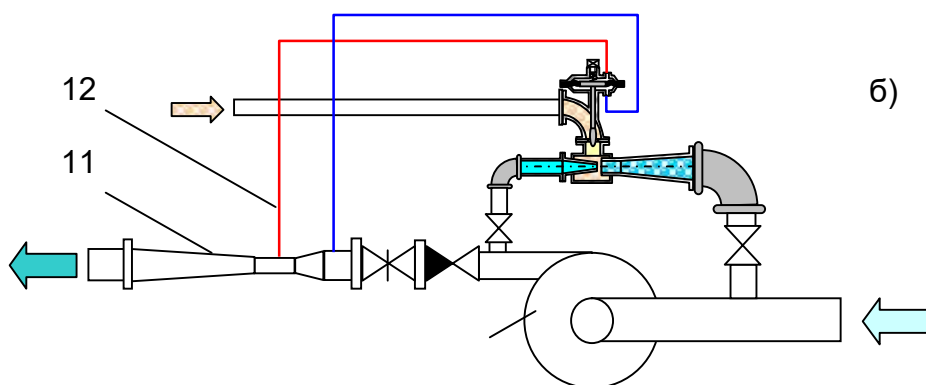


Рис.1.3. Структурна схема замкнутої САУ



Приклад: автоматичний дозатор піноутворювача.



Автоматичний дозатор діафрагменного типу

а — струйний змішувач; б — схема підключення;

1 — струменевий насадок; 2 — змішувальна камера; 3 — підведення піноутворювача; 4 — регулюючий винт; 5 — штуцери командних тисків; 6 — діафрагма; 7 — шток; 8 — плунжер; 9 — седло клапану; 10 — дифузор; 11 — труба Вентурі; 12 — трубки командних тисків; 13 — насос

Можна спростити структурну схему скориставшись поняттям регулятор.

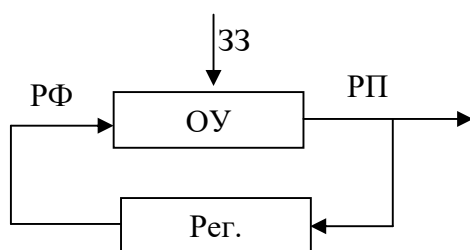


Рис. 1.4 Спрощена схема замкнутої САР

Видно, що САУ, яка реалізує принцип управління по відхиленню, має замкнутий контур через регулятор. Тому така САУ називається **замкнутою**.

ПРИМІТКА. Наявність замкнутого контуру не є достатньою ознакою замкнутої САУ. САУ буде замкнутою тільки в тому випадку, якщо замкнутий контур утворений через регулятор.

Перевагою замкнутих САУ є висока статична точність. Керування можна здійснювати доти величина ε не буде задовольняти заданим вимогам. Регулятор може нарощувати регулюючий вплив доти, поки помилка не стане рівної нулю.

Недоліком замкнутих САУ є обмежені динамічні можливості (обмежена швидкодія), тому що регулятор вступає в роботу тільки при наявності помилки керування ε , тобто тоді, коли зміна РП уже відбулося.

1.5.2. Принцип управління по збурюванню (дозування піноутворювача)

В АС із принципом управління по збурюванню регулятор «стежить» за зовнішніми збурюваннями, що впливають на ОУ, і відповідно до стану навколишнього середовища забезпечує таке значення РФ, щоб значення РП залишалося увесь час незмінним.

Для реалізації такого принципу управління структура регулятора повинна включати:

1. Датчики зовнішніх збурювань.
2. Обчислювальний пристрій, що формує задане значення РФ.
3. Замкнуту підсистему регулювання РФ.

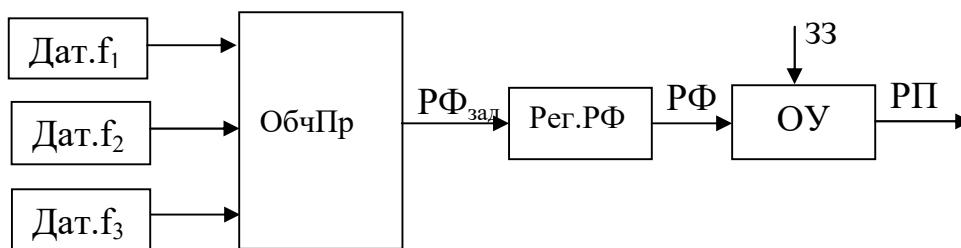


Рис.1.5. Структурна схема розімкнутої САУ

Можна спростити структурну схему, скориставшись поняттям регулятор.

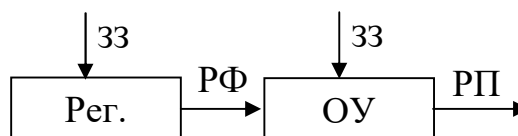


Рис.1.6. Спрощена структурна схема розімкнутої САУ

Видно, що система автоматичного регулювання, що реалізує принцип керування по збурюванню, є **розімкнутою**.

Переваги розімкнутих САР є висока швидкодія. РФ починає змінюватися одночасно зі зміною зовнішніх збурювань, при цьому РП може й не відхилитися від заданого значення.

Недоліком розімкнутих САР є низька статична точність. Справа в тому, що для забезпечення високої точності керування необхідно стежити за більшим числом зовнішніх збурювань. У ряді випадків може знадобитися інформація про швидкості зміни збурювання, його прискоренні або взагалі (і)-я похідна збурювання. У загальному випадку необхідно обробити матрицю виду:

$$\begin{matrix} f_1, & f_2, & f_3, & f_n; \\ f_1^{(1)}, & f_2^{(1)}, & f_3^{(1)}, & f_n^{(1)}; \\ f_1^{(2)}, & f_2^{(2)}, & f_3^{(2)}, & f_n^{(2)}; \\ f_1^{(n)}, & f_2^{(n)}, & f_3^{(n)}, & f_n^{(i)}; \end{matrix}$$

Обчислювальний пристрій, необхідний для обробки такої матриці даних, виходить дуже складним. Для спрощення обчислювача зневажають зовнішніми збурюваннями, вплив яких досить мало. У самому обчислювачі складні нелінійні залежності замінюють більше простими лінійними залежностями. У результаті таких спрощень керування виявляється неточним і наприкінці керування неминуче нагромадження помилки.

1.5.3. Комбінований принцип регулювання (перспективна АУПГ)

Комбіновані АС являють собою комбінацію замкнутої й розімкнутої АС, що дозволяє об'єднати їх переваги й уникнути недоліки.

Структурна схема АС буде мати вигляд:

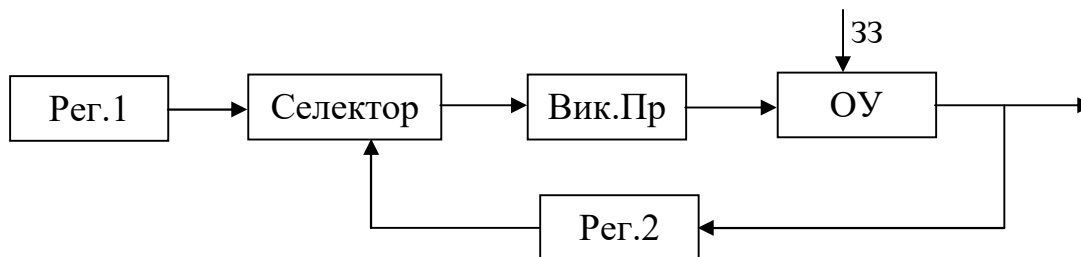


Рис. 1.7. Структурна схема комбінованої АС

При зміні зовнішніх впливів вступає в роботу розімкнута частина АС і приблизно їх парирує, не допускаючи появи надмірної помилки. На другому етапі вступає в роботу замкнута частина АС і повністю усуває помилку. Селектор забезпечує порядок взаємодії регуляторів.

1.6. Критерії якості АС

При оцінці роботи АС виникає необхідність у застосуванні загальних критеріях, що дозволяють чисельно оцінити дійсну точність АС і виконувати порівняння АС між собою.

Такими критеріями є:

Статична точність АС – величина помилки регулювання на сталих режимах

$$\varepsilon(t) = X_{\text{зад}}(t) - X(t) \quad \text{при } t \rightarrow \infty.$$

ПРИМІТКА: режим називається сталим, якщо регульований параметр чи його похідні приймають постійні значення:

$X^{(0)} = \text{Const}$ – сталий (рівноважний) режим;

$X^{(1)} = \text{Const}$ – режим сталої швидкості;

$X^{(2)} = \text{Const}$ – режим сталого прискорення.

Якщо наприкінці перехідного процесу з'являється помилка, то АС називається статичною, якщо помилки немає – то астатичною.

Астатизм АС залежить від виду вхідного сигналу. Чим складніше вид вхідного сигналу, тим складніше парирувати його без помилки. Можливість парирувати без помилки сигнал складного виду визначається порядком астатизму АС.

АС називається астатичною першого порядку, якщо вона парирує без помилки тільки східчастий сигнал:

$$\varepsilon(\infty) = 0, \quad f(t) = a(t).$$

АС називається астатичною другого порядку, якщо вона парирує без помилки східчастий сигнал швидкості вхідного сигналу:

$$\varepsilon(\infty) = 0, \quad f^{(1)}(t) = a(t), \quad f(t) = at.$$

АС називається астатичною третього порядку, якщо вона парирує без помилки східчастий сигнал прискорення вхідного сигналу:

$$\varepsilon(\infty) = 0, \quad f^{(2)}(t) = a(t), \quad f^{(1)}(t) = at, \quad f(t) = at^2/2.$$

За аналогією можна ввести поняття астатизму n-го порядку. Порядок астатизму повинний бути обґрунтованим, тому що підвищення порядку астатизму веде до ускладнення АС, росту її вартості і додаткових витрат енергії.

Динамічна точність АС (якість перехідних процесів) – характеризується наступними параметрами:

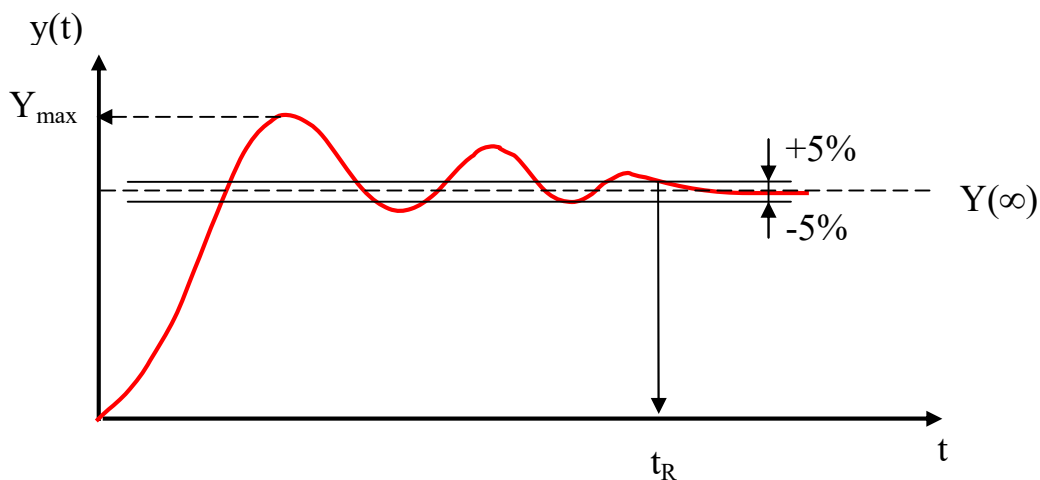


Рис. 1.8 Перехідний процес АС

Час перехідного процесу **t_R** . Відраховується до моменту, коли крива перехідного процесу входить в 5% зону сталого значення РП.

Максимальна відносна величина забросу РП

$$\overline{\sigma}_{\max} = \frac{Y_{\max} - Y(\infty)}{Y(\infty)} \cdot 100 \%$$

2. Висновки, урахування впливу воєнного стану.

Таким чином, загальні відомості, що нами розглянуто, будуть вами використані для більш глибокого опанування основних теоретичних положень теорії автоматичного управління, яка буде розглянута на наступній лекції.

Онлайн доступ до матеріалів дисципліни на випадок тривоги та вимикання світла.

З метою урахування на навчальний процес можливих повітряних тривог, відключення світла та інших проявів нападу росії на Україну, матеріал дисципліни АРВНС розташовано на сайті кафедри АСБтаІТ

<http://itasbit.ho.ua/disciplines.php>

Основні етапи нападу росії на Україну.

Російсько-українська війна [1], також російська збройна агресія проти України – війна між росією і Україною, викликана прямим й опосередкованим застосуванням збройної сили російською федерацією проти суверенітету і територіальної цілісності України, що триває з 2014 року. Відкритими складовими російської збройної агресії проти України були та є:

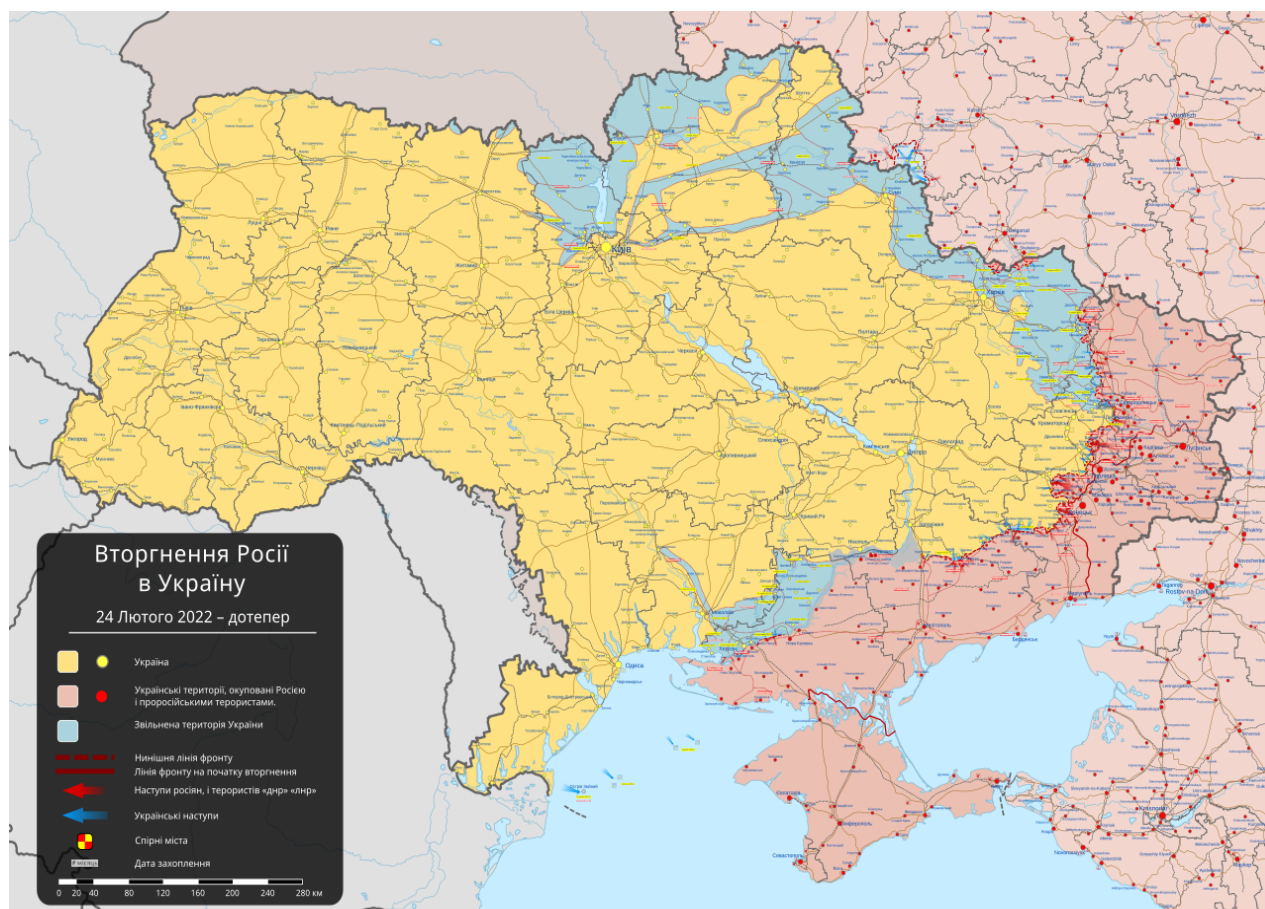
- російське збройне вторгнення в Крим у лютому-березні 2014 року (з подальшим початком тимчасової окупації півострова росією 20 лютого 2014 року);
- війна на сході України (на Донбасі) з квітня 2014 року, яка розпочалася зі створення під прикриттям «народних» виступів спецслужбами рф терористичних так званих Донецької і Луганської «народних республік» та тривала до початку широкомасштабного вторгнення;
- широкомасштабне вторгнення росії в Україну з 24 лютого 2022 року, яке розпочалося після тривалого військового нарощування та визнання росією своїх маріонеткових утворень «днр» та «лнр» як незалежних держав;
- 27 січня 2015 року, Верховна Рада України визнала російську федерацію агресором. 22 травня 2022 року Верховна Рада України визнала російську федерацію державою-терористом із тоталітарним неонацистським режимом та заборонила його пропаганду, а також пропаганду акту агресії росії проти України.

Станом на січень 2021 року, за даними ООН, загальна кількість людських втрат у війні становила 13 100—13 300 осіб. До цього числа входять 3 375 загиблих цивільних осіб, приблизно 4 150 загиблих українських військових, а також приблизно 5 700 загиблих проросійських бойовиків. Майже 1,8 млн осіб стали вимушеними переселенцями.

На 2021 рік під російською окупацією перебувало 43 300 кв. км, або 7 % української території.

24 лютого 2022 року росія розпочала новий етап восьмирічної війни проти України — повномасштабний наступ. О 5 годині ранку путін офіційно оголосив про «спеціальну операцію» в Україні, насправді ж це було початком звичайнісінького вторгнення в суверенну державу. Війська росії розпочали інтенсивні обстріли підрозділів ЗС України на сході та перетнули північно-східні кордони, а також нанесли ракетно-бомбові удари по аеродромах і складах зброї по всій території України. Верховна Рада України одноголосно ухвалила запро-

вадження воєнного стан. Інфраструктура в Україні погіршилася в результаті кібератак і бомбардувань армією росії.



Після початку російського вторгнення 2022 року окупована площа зросла у 2,9 рази. Тимчасово окупованими є Автономна Республіка Крим, частини Донецької, Луганської, Харківської, Херсонської, Запорізької, Миколаївської областей та місто Севастополь.

До 8 квітня 2022 року Збройні Сили України повністю звільнили Київщину, Житомирщину, Чернігівщину та Сумщину.

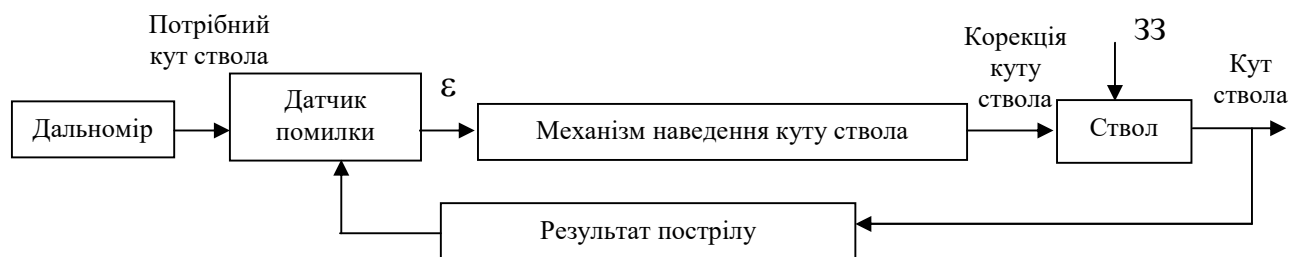
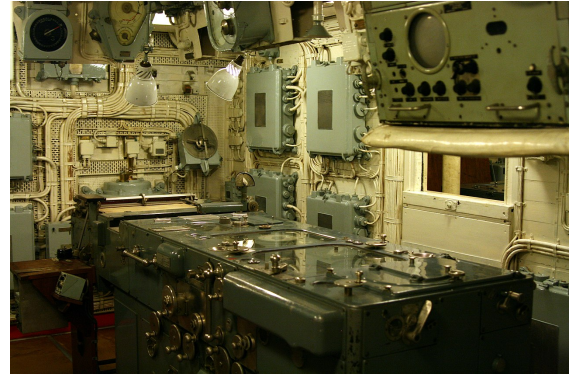
Станом на 31 січня 2021 року, за даними Управління верховного комісара ООН з прав людини, загальна кількість людських втрат становить 42 - 44 тис. осіб, з яких загинуло 13 100 - 13 300 осіб, поранено 29 500 - 33 500. До цієї кількості входить 3 375 загиблих і 7 000 - 9 000 поранених цивільних осіб, приблизно 4 150 загиблих і 9 700 - 10 700 поранених українських військових, а також приблизно 5 700 загиблих і 12 700 - 13 700 поранених проросійських бойовиків.

За даними Книги Пам'яті полеглих за Україну, станом на 1 грудня 2021 року загинуло 4 490 українських військовиків.

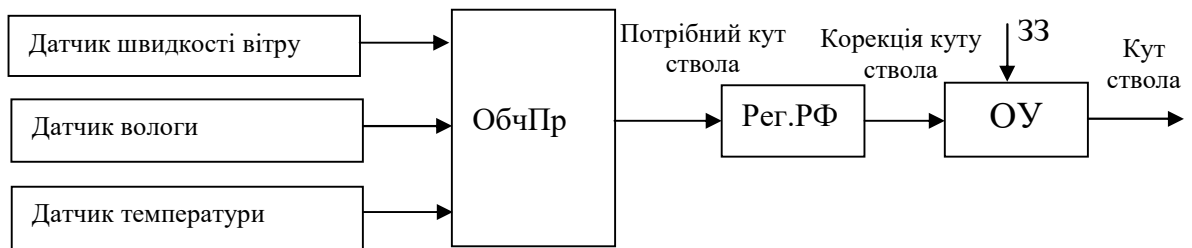
На квітень 2024 року, за даними Книги Пам'яті полеглих за Україну, за 10 років війни загинуло 45510 українських військовослужбовців[197].

Застосування принципів управління АС у військовій сфері.

Слід відмітити, що застосування принципу управління по відхиленню, збурюванню та комбінований методи широко застосовується в системах наведення гармат, для підвищення точності та швидкості їх пострілів.



Структура системи точного наведення гармати з застосуванням принципу управління по відхиленню



Структура системи швидкого наведення гармати з застосуванням принципу управління по збурюванню

Зауважимо, що принцип управління роботою АС по збурюванню дозволяє покращити швидкодію систем наведення, що забезпечує актуальність його застосування навіть у військовій сфері для систем наведення.

Таким чином відмітимо, що застосування комбінованих законів управління дозволяє покращити швидкодію та точність роботи систем, що застосовуються у військовій сфері, таких як автоматичних системах наведення гармат.

Завдання на самопідготовку

1. Теорія автоматичного управління. Практикум [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 151 «Автоматизація та комп'ютерно-інтегровані технології» / Н.І. Бурау, Д.О. Півторак; КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2021. – С 05-08.

https://ela.kpi.ua/bitstream/123456789/42076/1/TAU_praktykum.pdf